Št. Prog.:	0068-11026982-501-0006 ID 54128, 0068-11026982-501-012 ID 54139
INVESTITOR:	MNVP – DIREKCIJA RS ZA VODE
Projekt izdelal:	**Infra d.o.o.**

Porečje Save od Krškega do sotočja z Močnikom – Sava Skopice - pritoki Save

PROGRAM ŠT.2:

Popravilo zalednih drenažnih kanalov poškodovanih po visoki vodi 4.8.2023

DESNI ZALEDNI DRENAŽNI KANAL HE BREŽICE

Deponija sedimentov D3, prepusta gorvodno in dolvodno

Projektant:

Matjaž Šauta u.d.i.vki.

Vodja tehničnega sektorja:

Anton Vetrih inž.grad.

Leskovec pri Krškem, julij 2025

Vsebina

TEHNIČNO POROČILO 3
1. UVOD 3
2. VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB 4
3. Upravna dovoljenja 5
4. NAČRTOVANE UREDITVE 7
5. IZVEDBA SKALOMETA 12
6. GEOTEKSTIL ZA FILTRE 13
7. GABIONI IN PROTIEROZIJSKE BLAZINE 14

TEHNIČNO POROČILO

1. UVOD

3. in 4. avgusta 2023 je Slovenijo zajelo padavinsko obdobje z obnavljajočimi se nevihtami, močnimi nalivi in plohami. V noči s 3. na 4. avgusta so padavine izjemnih intenzitet zajele porečja na širšem območju Kamniško-Savinjskih Alp, Karavank, Škofjeloškega, Cerkljanskega ter Polhograjskega hribovja. V 6 do 12 urah je na z julijskimi padavinami predhodno namočena porečja padlo med 150 in 200 mm dežja. Obilno deževje se je 4. in 5. avgusta nadaljevalo z nalivi nižjih intenzitet, ki so se razširili nad celotno državo.

Vrhova poplavnih valov Save in Savinje sta na sotočju praktično sovpadala. V soboto, 5. avgusta, dopoldne je Sava v srednjem toku že upadala, v spodnjem toku pa je poplavljala in dosegla vrh pri skoraj 3400 m3/s. Pri tem je zajezila reko Krko, ki je s svojimi pritoki še naraščala. Na sotočju Save in Savinje sta bila vrhova njunih poplavnih valov zamaknjena približno pet ur. Po prehodu preko verige hidroelektrarn na spodnji Savi in po sotočju z visoko Krko je Sava na Čatežu dosegla največji pretok pri 3399 m3/s v soboto, 5. avgusta, zjutraj. Na odseku proti slovensko-hrvaški meji je reka Sava obsežno poplavila, zlasti izpostavljene vasi na levem bregu. Reka Sava je največji pretok v Jesenicah na Dolenjskem, neposredno ob državni meji, dosegla pri 3319 m3/s v soboto dopoldne. Visokovodne razmere ob reki Savi so vztrajale do ponedeljka, 7. avgusta, zgodaj zjutraj.
(Vir: ARSO, Poročilo o poplavah, Izjemne poplave v Sloveniji med 4. in 8. avgustom 2023, avgust 2023)

Ob prehodu poplavnega vala Save vzdolž pretočne akumulacije HE Brežice je prišlo do poškodb brežine na desnem bregu gorvodno od jezu Nuklearne elektrarne Krško (NEK) in poškodb prepustov na drenažnem kanalu ob visokovodem energetskem nasipu na desnem in levem bregu pretočne akumulacije HE Brežice ter na pritokih Save.

Predmet tega projekta za izvedbo je:
- sanacija poškodb brežin na desnem zalednem drenažnem kanalu akumulacijskega bazena HE Brežice

2. VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB

Izhodišča (povzeto po OPS21, ARSO):

Segrevanje podnebnega sistema in s tem povezane podnebne spremembe so fizikalno izmerjeno dejstvo. Nedavne spremembe podnebja obsežno vplivajo na človeške in naravne sisteme. Poleg gospodarstva so spremembam močno podvrženi naravni ekosistemi, vodni viri in varnost prebivalstva ter človeško zdravje. Večina vplivov sprememb, ki se bodo nadaljevale še več desetletij, je po predikcijah negativnih. Njihove razsežnosti v drugi polovici 21. stoletja so odvisne od učinkovitosti globalnih ukrepov za blažitev podnebnih sprememb. Globalne strateške ukrepe pa je potrebno v naslednji fazi implementirati direktno na lokalno raven upoštevajoč osnovno načelo »razmišljaj globalno-deluj lokalno«.

V programu Sklada za podnebne spremembe 2020-2023 je tako med drugim predvidena tudi realizacija direktnih ukrepov za prilagajanje podnebnim spremembam v smislu izvajanja ukrepov ohranjanja biotske raznovrstnosti; sofinanciranje programov odprave posledic naravnih nesreč in nadaljevanje ukrepov izgradnje in obnova večnamenskih akumulacij. Ti ukrepi so tako tudi gradbeno tehnični ukrepi, ki zagotavljajo večjo odpornost vodne infrastrukture glede na pričakovane učinke podnebnih sprememb.

Projekt HE Brežice, ki ga obravnava trenutni program sanacijskih del, je velika infrastrukturni projekt, ki zaradi svoje razsežnosti zajema tudi veliko stopnjo varnosti. Gorvodne elektrarne imajo za varnostno višino nasipov določeno pol metra, HE Brežice pa ima projektirano za varnost nasipov kar 1m varnostne višine.

V hidravličnih profilih se zaradi vpliva na NEK rišejo tudi vplivi 1000 in celo 10000 letnih voda, ki jih je struga Save, še posebno pretočna akumulacija HE Brežice s svojimi retenzijskimi površinami še vedno sposobna prevesti.

Z obzirom na navedeno si upamo trditi, da so pretočne akumulacije na spodnji Savi projektirane z dovolj veliko varnostjo, da so odporne na podnebne spremembe in zato v programih le povzemamo projekte, ker potrebe po dodatni varnosti in morebitnih večjih debelinah kamnite obloge ni.

3. Upravna dovoljenja

Ukrepi se izvajajo na območju DPN za HE Brežice, za katerega je bila sprejeta PVO. Ukrepi zajemajo sanacijo vodne infrastrukture, za katero je izdelana PVO. Ker ne gre za nove posege v prostor, niso potrebna upravna dovoljenja.

Projekt obnove pretočne akumulacije HE Brežice obnavlja izvedene projekte za izgradnjo, ki so predhodno že pridobili projektne pogoje in mnenja za izvedbo ter tudi uporabno dovoljenje.

Ob izvedbi pa se bodo upoštevale naslednje smernice ZRSVN:

Čiščenje obrežne zarasti in vodne vegetacije

- Z lesnato obrežno zarastjo naj se upravlja na način, da se ohranja sklenjen pas obrežne lesne zarasti in panje dreves. Obrežno zarast se lahko redči, odstranjuje podrta in viseča drevesa ter gosto grmovno zarast v strugi, ki ovirajo pretočnost, golosekov (popolne odstranitve) lesnate obrežne vegetacije pa naj se ne izvaja.
- Na odsekih, kjer je bila lesna obrežna zarast odstranjena, naj se predvidi ukrepe za njeno ponovno vzpostavitev (zasaditev ali prepustitev v zaraščanje) v širini vsaj 5 m od vrha brežine struge. Prednostno naj se obnova izvede na odsekih z močno bočno erozijo, kjer predlagamo metodo obnove obrežne zarasti z zabijanjem živih vrbovih pilotov v več vrstah vzdolž brežine.

Vodne zgradbe in obrežna zavarovanja

- Za zasebna kmetijska zemljišča, ki so ogrožena zaradi rečne bočne erozije, naj se prouči možnost odkupa ali zamenjave z drugimi zemljišči, ki so že v lasti Republike Slovenije.
- Na rečnih odsekih, kjer ni obstoječih obrežnih zavarovanj ali drugih vodnih zgradb, se lahko nove tovrstne vodne zgradbe vzpostavlja izključno za zavarovanje infrastrukture in objektov v neposredni bližini. Sicer naj se na neutrjenih odsekih ohranja procese naravne rečne dinamike.
- Na odsekih, kjer so že izvedena obrežna zavarovanja in druge vodne zgradbe, se lahko obnavlja tiste, ki so nujno potrebne za varovanje objektov ali infrastrukture v neposredni bližini. Sicer naj se na utrjenih odsekih v omejenem obsegu ponovno dopusti bočno erozijske procese, za prizadeta oziroma neposredno ogrožena zemljišča naj se prouči možnost pridobitve v last Republike Slovenije.
- Novi obrežni objekti oz. obnova obrežnih zavarovanj naj se prednostno izvaja s sonaravnimi tehnikami (npr. vrbovi popleti, sidranje dreves, piloti, ipd.). Za izvajanje zavarovanj naj se uporabljajo lokalno značilni materiali. Brežine naj se zasadi s sklenjenim pasom lesne vegetacije, ki dolgoročno prevzame nalogo stabilizacije brežine. Dna struge naj se ne utrjuje.
- Umeščanje novih ali obnova vodnih zgradb in obrežnih zavarovanj naj se izvede na način, ki ohranja nivo struge in znana drstišča rib.
- Pri izvajanju del naj se izvaja ukrepe za preprečitev širjenja tujerodnih vrst (odstranjevanje tujerodnih vrst, sprotno zasajevanje avtohtone krajevno značilne vegetacije, uporaba zastirke, z območij, kjer so prisotne tujerodne vrste, se ne odvaža materiala, čiščenje delovnih strojev po končanih delih).

Načini ravnanja s prodnim materialom in naplavinami

- Prodnega materiala in naplavin naj se zaradi ohranjanja habitatnih struktur (npr. drstišč) in

hidromorfoloških procesov ne odstranjuje iz struge. Izjemoma je odvzem mogoč, ko je bistveno zmanjšana pretočnost struge in so posledično neposredno ali posredno ogroženi objekti ali infrastruktura.

Zveznost vodotoka

- Dela naj se izvaja na način, da se v času izvedbe del ohranja prehodnost vodotoka za vodne organizme.
- Novih prečnih objektov naj se ne vzpostavlja.
- Obstoječe prečne objekte naj se, v kolikor je možno, sanira na način, da se jih odstrani ali uredi kot hrapave drče, ki omogočajo nemoteno gor- in dolvodno prehodnost vodnim organizmom.

Čas izvajanja del

- Posegi v strugi vodotoka naj se izvajajo izven obdobja drsti prisotnih vrst rib in gnezdenja prisotnih vrst ptic (načeloma se lahko dela izvajajo med 15. avgustom in 1. marcem).
- Čiščenje obrežne zarasti naj se izvaja v času od 1. avgusta do 1. marca (Zakon o divjadi in lovstvu).

4. NAČRTOVANE UREDITVE

V tem elaboratu obravnavamo poškodbe nastale na desnem zalednem drenažnem kanalu pretočne akumulacije HE Brežice. Poškodbe nastale ob visoki vodi avgusta 2023 obsegajo porušene brežine skalometne obloge na geotekstilu in porušene prepuste čez drenažni kanal, ki so sestavljeni iz montažnih betonskih elementov 2x2m. Sanacije bodo izvedene na novo projektirano stanje pretočne akumulacije HE Brežice ob upoštevanju navodil ZRSVN, ki so navedeni pod točko 3.

Program 0006

V profilih DN105 – DN106 je v dolžini 25 m prišlo do poškodb na prepustu, kjer vzdrževalna pot prečka drenažni kanal za dostop do deponije sedimentov D3.

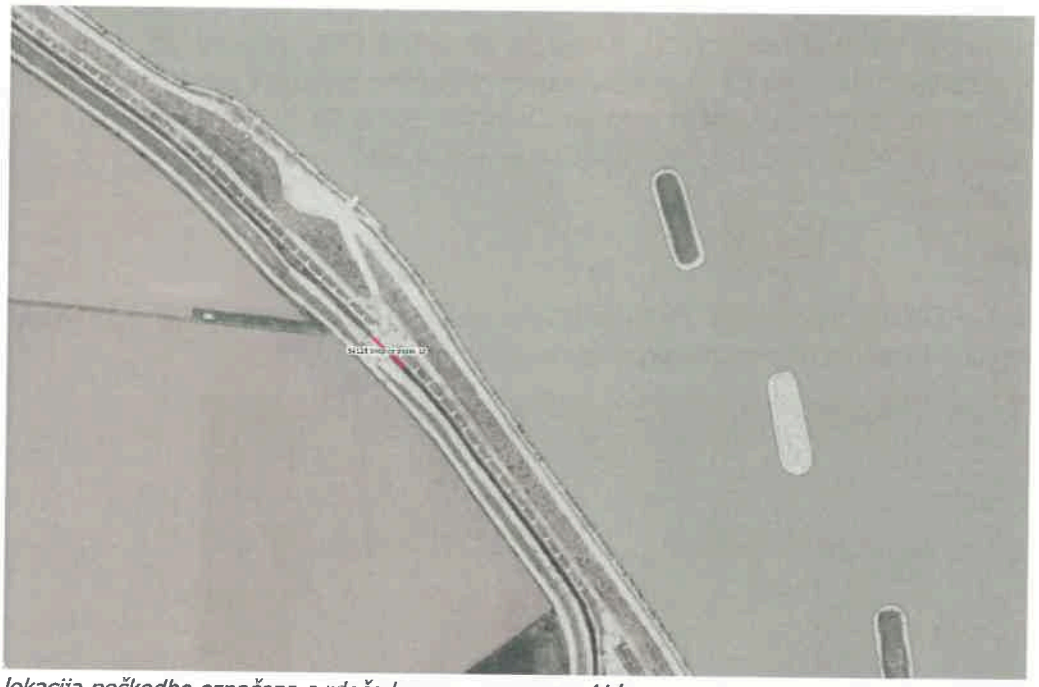


lokacija poškodbe označena s turkizno barvo v programu Ajda



Slika erozijskih poškodb na prepustu pod deponijo D3

Program 012

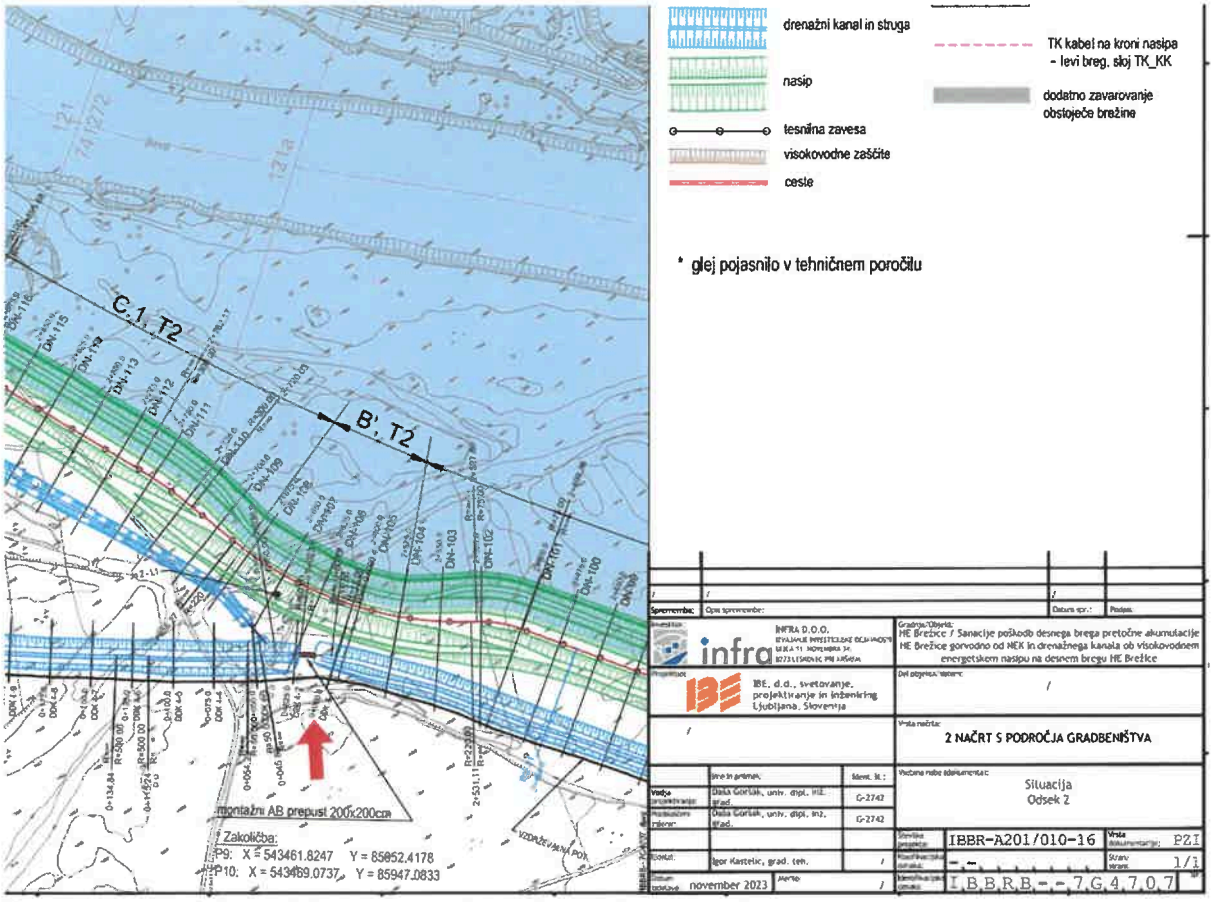


lokacija poškodbe označena s rdečo barvo v programu Ajda

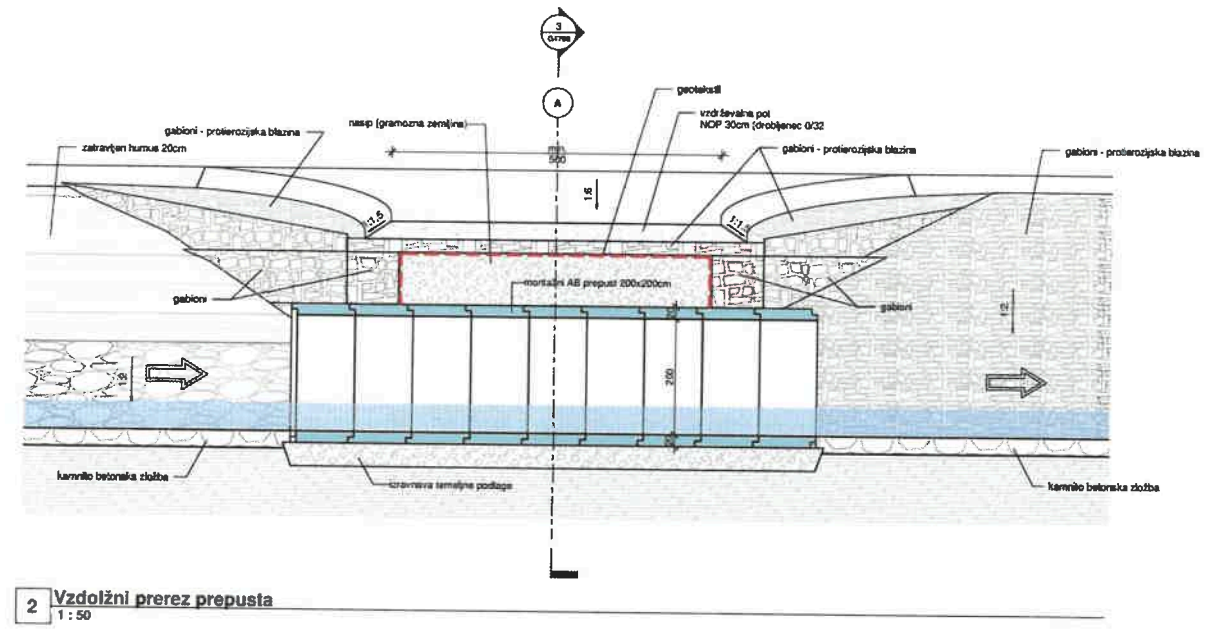


Slika erozijskih poškodb na prepustu nad deponijo D3

Načrti prepustov na drenažnih kanalih HE Brežice:

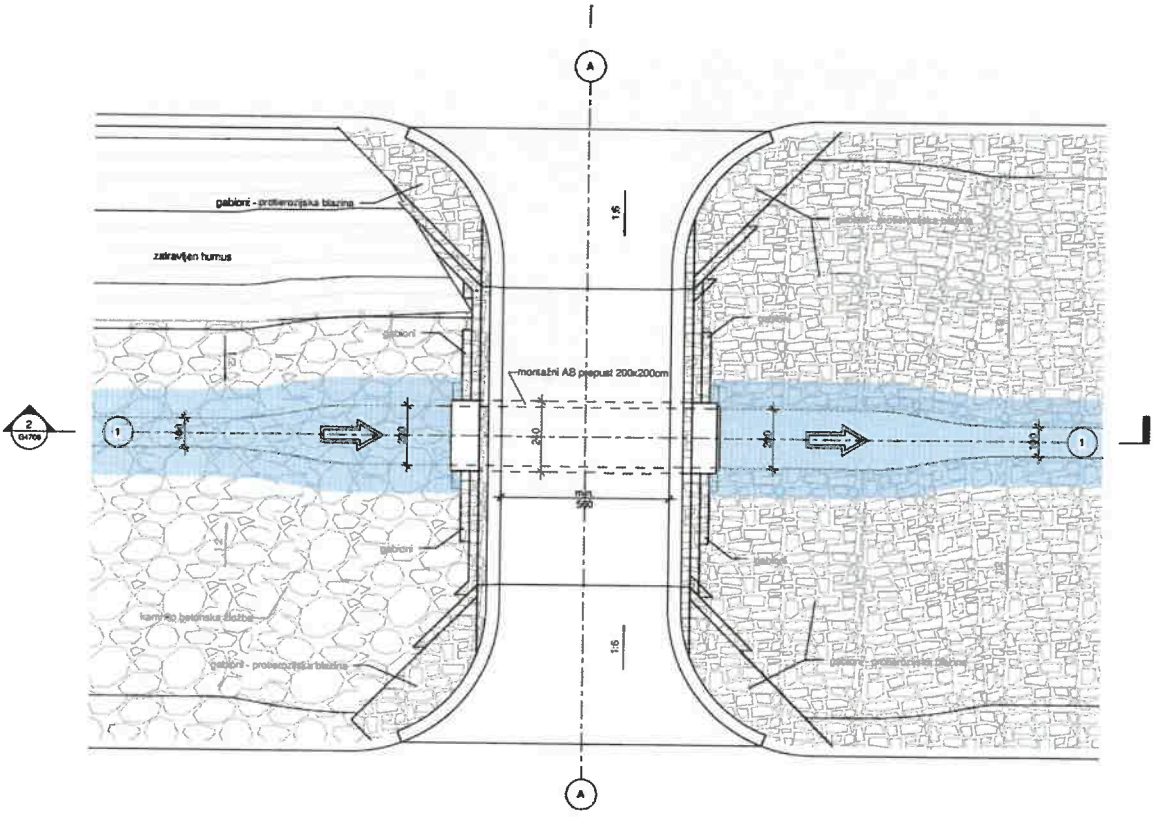


Izvleček projekta PZI za HE Brežice akumulacijski bazen, Desni drenažni kanal,

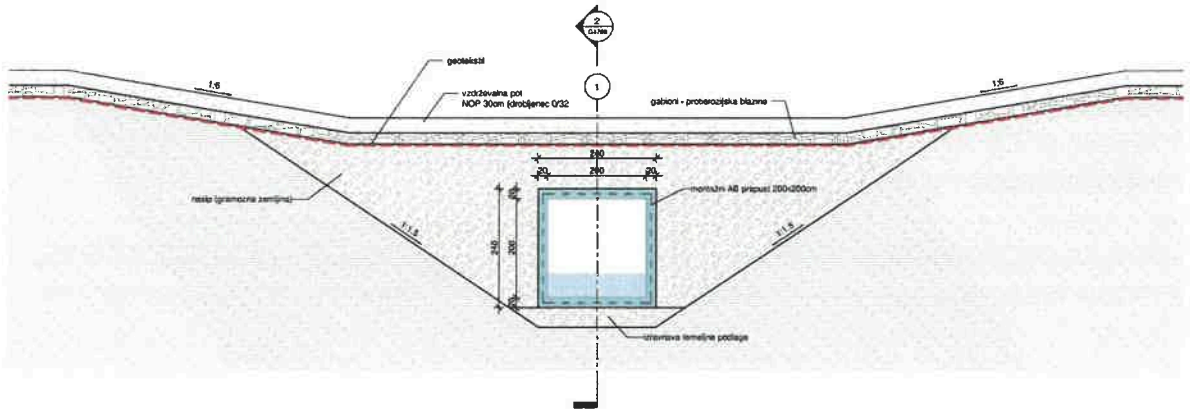


2 **Vzdolžni prerez prepusta**
1 : 50

Vzdolžni prerez

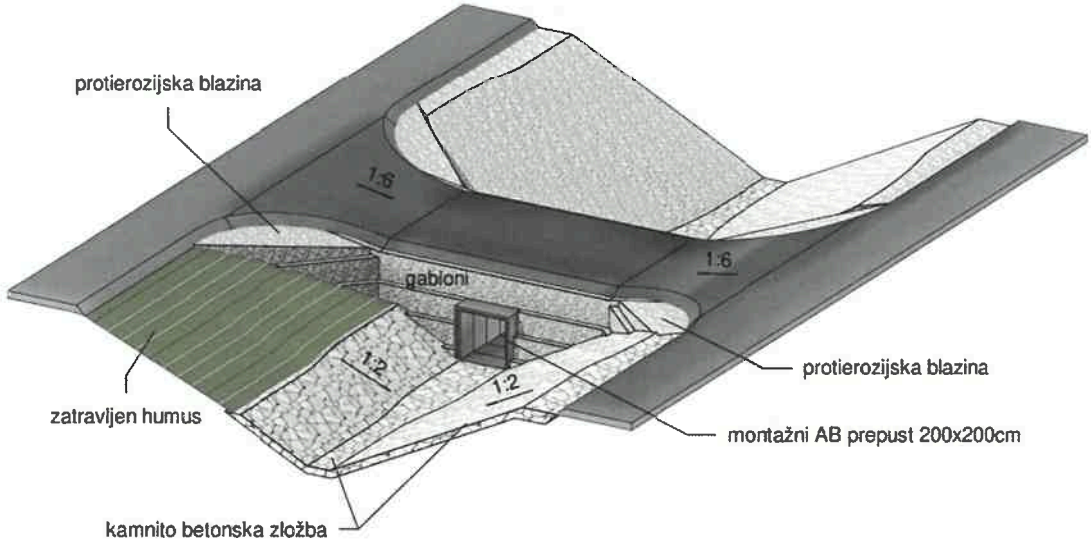


Tlorisni prikaz

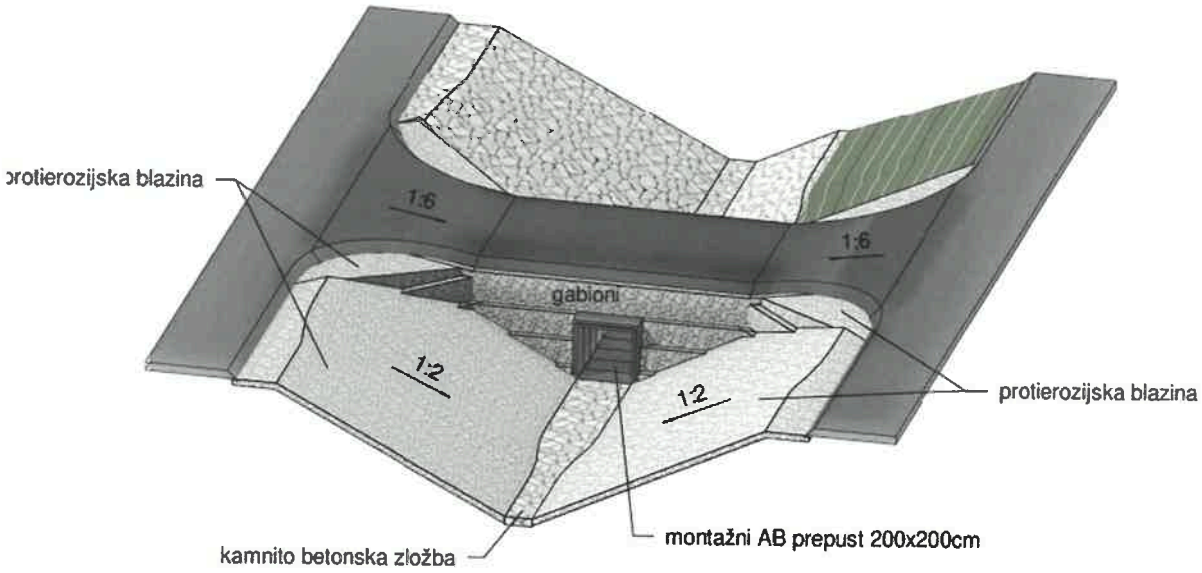


3 **Prečni prerez prepusta**
1 : 50

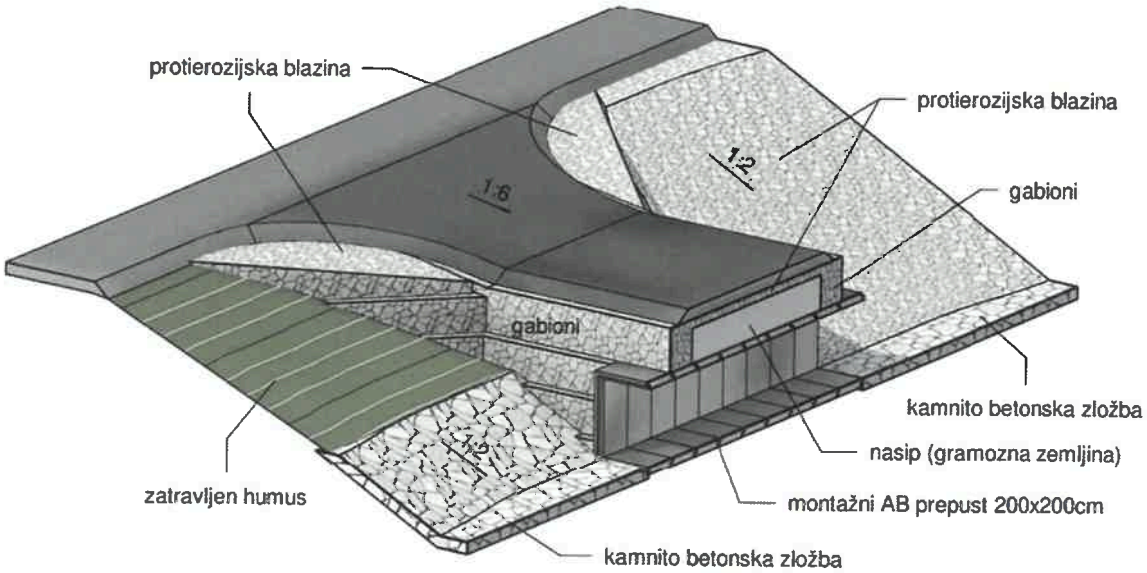
Prečni prerez



3D VTOK



3D IZTOK



3D PREPUST 2x2

5. IZVEDBA SKALOMETA

- Kamen za skalomet mora biti trden, nerazpokan in vremensko obstojen. Uporablja se lomljen, oglat, ostrorobi neobdelan kamen, pri katerem najmanjša dimenzija posameznega kamna ne sme biti manjša kot 1/2 največje (kamen ne sme biti ploščat ali podolgovat). Uporabi kamna z gladko površino ali zaobljenega kamna se je potrebno izogibati, oz. ga je možno uporabljati pri naklonih manjših od 1:3. Prostorninska masa kamna ne sme biti manjša od 2,5 t/m3.

- Zaščita s kamnom se izvede tako, da je kamen zložen v projektiranem profilu. Debelina obloge se meri pravokotno na podlago. Vsak kamen mora imeti zanesljivo ležišče in biti zaklinjen tako, da ne more priti do rušenja pobočja zaradi nestabilnosti posameznih kamnov ali drugih razlogov. Peta zaščitenega pobočja mora biti trdno vgrajena in izvedena na tak način, da ne more priti do porušitve pobočij.

- Razkladanje s transportnega sredstva mora biti izvedeno tako, da ne pride do segregacije materiala. Kipanje po pobočju ali v korito ni dovoljeno, ali uporaba drugih metod, pri katerih lahko pride do segregacije materiala.

- Skalomet se vgrajuje v celotni debelini specificirani v projektu, t.j. v eni plasti v eni operaciji s čim manj naknadnega premikanja kamnov, da se ne poškodujeta netkani geotekstil in podlaga. Vgrajevanje v plasteh ni dovoljeno. Razgrinjanju materiala z dozerji ter uporaba metod vgrajevanja, pri katerih se kamen med ali po vgradnji lahko drobi, se je potrebno izogibati.

- Projektno določena debelina skalometne obloge se pri izvedbi pod vodno gladino poveča za 50%.

- Skalomet se lahko vgrajuje ročno ali strojno.

- Ni dovoljeno vgrajevanje z iztresanjem z višine večje od 0,5-1 m, ker se geotekstil ne sme poškodovati.

- Večji kamni morajo biti enakomerno razporejeni po površini in medsebojno trdno povezani z manjšimi kamni, s katerim je zapolnjen vmesni prostor tako, da je skalomet homogen. V oblogi ne smejo nastati žepi drobnega materiala, ki bi zmanjšali stabilnost in trdnost obloge, če ga voda izpere. Material mora biti razporejen enakomerno tako, da ne nastanejo večje koncentracije večjih ali manjših frakcij.

- Površina obloge se poravna tako, da kamni ne štrlijo iz obloge. Prevelike kamne je potrebno odstraniti. Po potrebi se izvede ročno ali strojno zapolnjevanje preostalih praznih prostorov med kamni ali naknadno premikanje posameznih kamnov tako, da je površina skalometa čimbolj ravna in enakomerna. Prav tako se ročno zaklinijo kamni, ki so nestabilni.

- Premiki gradbene mehanizacije po skalometu tako med izvedbo kot po izvedbi niso dovoljeni. V primeru, da se temu ni možno izogniti, je potrebno na skalometu izvesti utrjeno vozišče z nasipavanjem gramoznega materiala takšne debeline, pri kateri skalometna obloga ne bo poškodovana.

6. GEOTEKSTIL ZA FILTRE

Za polaganje pod skalometnimi oblogami se sme uporabljati le mehansko vezani netkani geotekstil stabiliziran proti UV žarkom. INŽENIR lahko le izjemoma dovoli tudi uporabo drugačnega material.

Število zožitev (poti) v geotekstilu, ki ga delcu zemljine na poti skozi geotekstil predstavljajo vlakna (no. of constrictions), mora biti v razponu m = 25-45, ki se ga določi z naslednjo formulo (po Giroud-u):

$$m = \{(1-n)0,5 \times t\}/d$$

kjer je n – poroznost geotekstila, t – debelina geotekstila in d – premer vlakna v geotekstilu.

Poleg tega so zahtevane še naslednje minimalne karakteristike:

- koeficient propustnosti kg · 5*10-3 m/s (EN ISO 11058) ali >10 x kz temeljne zemljine
- raztezek pri porušitvi (v obe smeri)>50% (EN ISO 10319)
- velikost odprtine O90 0,07-0,10 mm (EN ISO 12956)
- permitivnost · = kg/t** ≥ 0,5 s-1
- UV odpornost preostanek trdnosti > 80% (ENV 12224)
- poroznost > 80% (če se filter polaga na glinastih in meljastih zemljinah)

* debelina pri 2 kPa

Pri oblogah, kjer je masa največjega kamna do 50 kg (geotekstil TIP 1) je zahtevana:

- CBR prebojna odpornost ·3000 N (EN ISO 12236)
- natezna trdnost ·20 kN/m (EN ISO 10319).
- test s konusom < 13 mm (EN 918)

Pri oblogah, kjer je masa največjega 50 kg in več (geotekstil TIP 2) je zahtevana:

- CBR prebojna odpornost ·4250 N (EN ISO 12236)

- natezna trdnost · 28 kN/m (EN ISO 10319).
- test s konusom < 10 mm (EN 918)

Dovoljena odstopanja pri mehanskih karakteristikah so 10% in pri hidravličnih 20% (pri meji zaupanja 98%) od predpisane vrednosti. Vse zahtevane karakteristike geotekstila morajo biti dokazane z ustreznim certifikatom. Hidravlične lastnosti veljajo tudi za filtre pri drenažah.

Inženir lahko dovoli odstopanje od mehanskih karakteristikah, če Izvajalec na poskusnem polju dokaže, da lahko vgradi skalometno oblogo ali zasip brez poškodb

7. GABIONI IN PROTIEROZIJSKE BLAZINE

GABIONI

Mreža za gabione in protierozijske blazine mora biti skladna z EN 10223-3:2014. Mora biti pletena z odprtinami šesterokotne oblike velikosti 6x8 in 8x10 cm iz dvojno zasukane jeklene žice galvanizirane s Zn95%-Al5% in prevlečene s poliamidno prevleko min. debeline 0,5 mm. Minimalna količina galvanske prevleke mora biti skladna s SIST-EN 10244-2 (Tab. 2 - razred A).

Debelina žice mora ustrezati standardu EN 10223-3:2013:

Osnovni material za mrežo je jeklena žica z natezno trdnostjo med 350 in 500 N/mm2. Pri preizkusu mreže na 50% nazivne natezne trdnosti v skladu z EN 10223-3: 2013, se ne smejo pojaviti razpoke v prevleki v območju sukanj žice.

Odpornost žične mreže na preboj ne sme biti manjša od 67 kN (UNI 11437).

Odpornost žične mreže proti koroziji v okolju žveplovega dioksida (EN ISO 6988) mora biti taka, da po 28 ciklih neprekinjenega preskusa mreža ne sme biti večja od 5% DBR (temno rjave rje).Odpornost žične mreže na korozijo pri preskusih nevtralnega razprševanja soli (EN ISO 9227) mora biti taka, da po 6000 urah izpostavljenosti mrežica ne sme biti večja od 5% DBR (temno rjava rja).

Odpornost polimera na UV-sevanje mora biti takšna, da natezna trdnost in raztezek pri prelomu osnovne spojine po 4000 urah izpostavljenosti UV-žarkom (ISO 4892-2) ali 2500 ur QUV-A (ISO 4892 -3, način osvetlitve 1) se ne sme spremeniti za več kot 25% od začetnih rezultatov preskusa.

Ojačevalna osnovna plošča, sprednja plošča in pokrov gabionske škatle enot za ojačitev tal so izdelani iz ene neprekinjene mrežaste plošče; zadnja plošča mora biti tovarniško povezana z osnovno ploščo.

Vezava se lahko izvede s pomočjo vezne žice s premerom 2,2 / 3,2 mm in enakimi značilnostmi žice za mrežo ali z obročastimi pritrdilnimi elementi s premerom 3,0 mm, ki imajo najmanjšo natezno trdnost 1720 MPa in raztezno trdnost > 2,0 kN.

PROTIEROZIJSKE BLAZINE

MATERIALNE KARAKTERISTIKE

	Vrednost*	Standard
Tip jeklene mreže	6x8, 2,20/3,20 mm	EN 10223-3
Dopustna strižna obremenitev v pogojih brez vegetacije **	min. 445 N/m2	ASTM D6460
Natezna trdnost mreže	min. 37 kN/m	EN 10223-3
Zaščita žice proti koroziji	Zn+5%Al, Class A + polimerna prevleka (Polimac)	EN 10244-2; EN 10245
Odpornost proti koroziji nevtralnega slanega pršca pred pojavom manj kot 5% rdeče rje na mreži	min. 6000 h	EN ISO 9227
Redukcija natezne trdnosti in raztezek materiala polimerne prevleke pri izpostavljenosti 2500 Q-UVA	max. 25 %	EN ISO 4892-3
Odpornost polimerne prevleke proti abraziji pri 20 N	min. 100 000 ciklov	EN 60229 (part 4.1.2.1)
Odpornost organske prevleke proti nizkim temperaturam (temperaturna krhkost)	< -25°C	ASTM D746
Trajnost: predvidena življenjska doba	120 let pri kategoriji C4	EN ISO 9223, EN 10223-3
Okoljska deklaracija proizvoda (EPD)	obvezna	EN ISO 14025, EN 15804

* Vse vrednosti morajo biti potrjene z Izjavo o lastnostih ali ustreznim testnim protokolom s strani akreditirane certifikacijske institucije

** Vrednosti dopustne strižne obremenitve morajo biti podane s strani proizvajalca in dokazane na osnovi testov v polnem merilu, izvedenih s strani neodvisne akreditirane institucije, skladno s testno metodologijo po ASTM D6460.

KAMEN ZA POLNJENJE PROTIEROZIJSKIH BLAZIN

Za polnilo protierozijskih blazin se uporabijo trdi, oglati do okrogli in obstojni kosi kamenja, ki ne bodo razpadli pri izpostavljenosti preperevanju v vodi v času projektne življenjske dobe elementov. Dimenzije posameznih kosov kamenja morajo biti večje od velikosti odprtin mreže, da ne bo prišlo do izpadanja polnila. Pri vgraditvi v podporne konstrukcije je potrebno uporabiti očiščeno kamenje brez drobnozrnatih ali organskih primesi. Protierozijske blazine se najprej napolnijo strojno, nato pa se še ročno dodajo kosi manjših frakcij, da se zapolnijo večje praznine. Samo strojno polnjenje gabionov s kamenjem manjših frakcij ni dovoljeno.

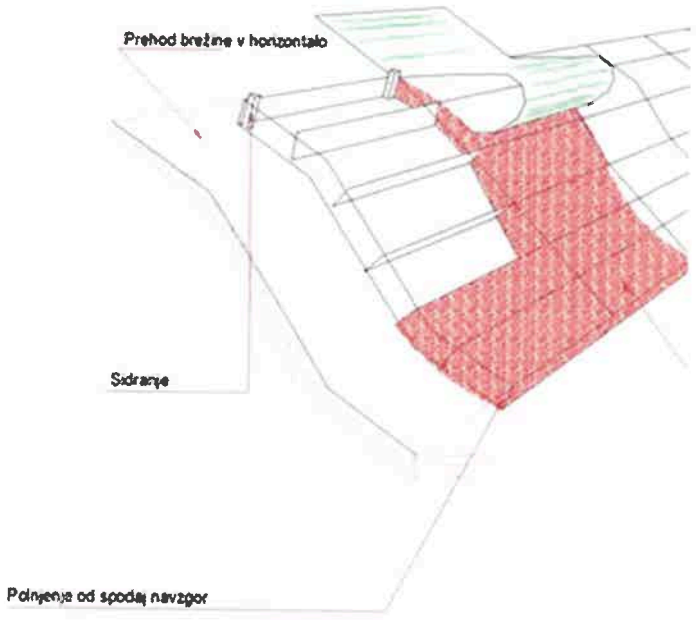
-	prostorninska teža:	≥ 23 kN/m3	(EN 13383-2)
-	razred velikosti zrn:	CP63/90	(EN 13383-2)

- odpornost proti prelomu: CS80 (EN 1926)
- absorpcija: ≤ 0,5% teže (EN 13383-2)

Netkani ločilni in filterski geotekstil v zaledju (TNT PP 200A):

- raztezek: min. 45% (EN ISO 10319)
- Natezna trdnost: min. 14,5 kN/m (EN ISO 10319)
- Statična odpornost proti prebodu CBR: min. 2,40 kN (EN ISO 12236)
- Dinamična odpornost proti prebodu: max. 15 mm (EN ISO 12236)
- Prepustnost v smeri pravokotno na površino: 75 l/m2s (EN ISO 11058)

Vgradnja blazine: Skladno s navodili proizvajalca



Prikaz vgradnje protierozijske blazine nad vodno gladino.